

陕西夏季旱涝环流特征及预测方法

王 娜¹, 方建刚¹, 崔 巍¹, 肖科丽², 王 琦¹

(1. 陕西省气候中心, 陕西 西安 710014; 2. 陕西省气象学会, 陕西 西安 710016)

摘 要: 对陕西省 76 站夏季降水量作 EOF 展开, 分解出夏季降水的前 2 个模态: 全省一致型、西北—东南反相, 细分可分为全省一致多, 全省一致少, 降水西北多、东南向少, 降水西北少、东南向多 4 种分布特征。由于 1 月的环流型对于夏季降水有很好的指示意义, 建立了相似预测模型, 用每年 1 月北半球 500 hPa 月平均环流与上述 4 种环流型计算相关系数, 相关系数最大所对应的雨型即当年夏季降水趋势预测。对 1961—2010 年 50 年的回报效果分析, 平均距平符号一致率为 57%, 其中全省一致多一致率为 70.4%, 一致少为 71.3%, 降水西北多、东南向少为 58.5%, 降水西北少、东南向多为 44.9%, 对于降水有一定的预测能力, 其中对于全省一致旱涝有很好的预测能力。

关键词: 夏季降水; 环流; 分型; 相似模型; 陕西

中图分类号: P468.0+24 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2014)01-0246-06

The drought and flood circulation characteristics and forecast method in summer of Shaanxi Province

WANG Na¹, FANG Jian-gang¹, CUI Wei¹, XIAO Ke-li², WANG Qi¹

(1. Shaanxi Climate Center, Xi'an, Shaanxi 710014, China; 2. Shaanxi Meteorological Society, Xi'an, Shaanxi 710016, China)

Abstract: Based on the summer rainfall data at 76 Shaanxi stations, the precipitation characters were investigated with EOF method. It showed that there were two dominant precipitation modes in summer: A consistent pattern in whole province and a opposite pattern of northwest to southeast. It could be divided more detail of four distribution characteristics as consistent more in whole province, consistent less in whole province, more precipitation in northwest and less in southeast, less precipitation in northwest and more in southeast. A similar prediction model had been established based on good indication of the circulation patterns in January for the summer rainfall. The correlation coefficients of the January 500 hPa mean circulation with four patterns were calculated. The maximum correlation coefficient corresponding the rainfall pattern would be selected to be the forecast precipitation trend in summer. It was shown by the hindcasting results of the 50 years (1961–2010), the average anomaly sign consistency rate was 57%, the average anomaly sign consistency rate of four kinds of distribution was 70.4%, 71.3%, 58.5% and 44.9%, respectively. It had a specified predictive capability for the precipitation forecast and better predictive capability for more or less precipitation in whole Shaanxi Province.

Keywords: precipitation in summer; circulation; divided type; similarity model; Shaanxi Province

夏季降水预测是短期气候预测工作的重中之重, 旱涝对于防汛及抗旱有着举足轻重的作用, 长期以来很多人致力于这方面的工作, 叶笃正等^[1]分析近年中国旱涝气候变化并对未来几十年做出预测。芮景新^[2]对 2002 年四川盆地夏季高温干旱天气分析认为高温干旱天气主要是由稳定维持的青藏高原所造成, 而同期的副热带系统均较常年偏弱。近年

西北地区东部和陕西盛夏降水异常的成因分析得到广泛重视, 揭示了异常天气形成的天气动力学特征^[3–5]。

也有很多研究将夏季降水进行分类, 廖荃荪^[6]将中国东部夏季雨带分为三类, 赵汉光等、王绍武等、孙林海等^[7–9]对我国东部夏季雨带进行客观分类, 而陕西地处我国大陆腹地, 青藏高原的东北侧,

南北横跨大约 10 个纬度,中国气候的南北分界线秦岭位于陕西中部,形成南北之间气候差异较大,降水呈南多北少,山区多于平原,降水随季节变化呈双峰型。夏季雨带分布对降水影响很大,由于陕西处于季风的边缘地带及地理位置的特殊性,雨带与全国雨带位置不是一一对应的。基于此将陕西夏季降水进行分类,划分为主要的 4 类分布。细分可分为全省一致多,全省一致少,降水西北多、东南向少,降水西北少、东南向多 4 种分布特征,分别对应简称为 I 型、II 型、III 型、IV 型。基于上述 4 种分布特征的分析,进一步分析夏季旱涝环流特征,并依据冬季北半球大气环流特征对夏季旱涝分布有着比较明确的指示意义^[10-14],尤其 1 月的环流相似度更高^[15],建立了夏季降水的相似模型。

1 资料与方法

本文所使用的资料包括陕西 76 站夏季降水量, NCEP/NCAR 月平均 500 hPa 高度场再分析资料。对陕西 76 站夏季降水量作 EOF 展开,分解出夏季降水的前 2 个模态,细分为 4 种分布型,4 种分布型对

应 4 种 1 月关键区 500 hPa 高度场。预测年 1 月 500 hPa 高度场与 4 种类型中相似程度最高为预测型。

2 陕西夏季降水旱涝分布型及环流特征

将陕西 76 站夏季降水量作 EOF 展开,分解出夏季降水量的特征向量场,特征向量可以反映降水变化场的结构,夏季降水量前 3 个特征值累积方差贡献在 62% 以上,前 3 个特征向量基本可以反映夏季降水量的主要趋势。下面取方差贡献最大的前三个特征向量分布进行分类。

夏季降水量场 EOF 分析,第 1 特征向量典型场,全场特征值均为正值,反映了降水的一致变化,该典型场的方差贡献最大,占总方差的 40.6%,是夏季降水量变化的主要空间分布形式。第 2 特征向量典型场,西北 - 东南反位相变化型,占总方差的 15.1%,秦岭位于陕西中部,以秦岭为界,南北差异显著,造成西北 - 东南降水变化的相异性。第 3 特征向量典型场,中部 - 南北反位相,占总方差的 6.7%,这一型突出了地形的作用。

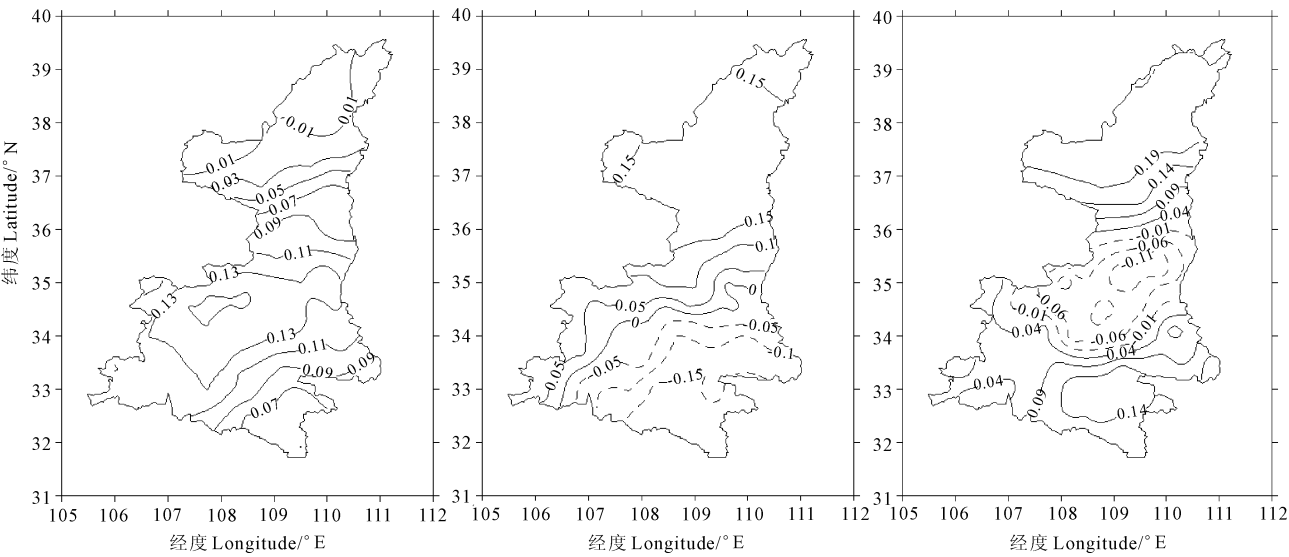


图 1 1961—2008 年陕西夏季降水 EOF 分解前 3 个特征向量的空间模态

Fig.1 Spatial patterns of three EOFs of the precipitation in summer (1961—2008) of Shaanxi Province

由于前两种特征向量典型场,其已占总方差的 55.7%,第 3 特征向量典型场仅占总方差的 6.7%,出现概率小,所以本文讨论前 2 种特征向量典型场。基于以上分析,将陕西夏季降水分为以下 4 种类型,(1) I 型,全省一致多,这个出现概率极小,50 年中就有 2 年出现,夏季 500 hPa 高度场距平,亚洲地区环流特点,乌拉尔山为一强的正距平,贝加尔湖为一负距平,亚洲大陆南部为正距平,东亚 - 西太平洋地

区从高纬到低纬为一典型的“负 - 正 - 负”的距平型。反映了乌拉尔山高压偏强,贝加尔湖低槽偏深和西太平洋副热带高压偏强,西伸脊点偏西,脊线位置不稳定,冷暖空气多交汇于秦岭山脉附近,有利于陕西出现持续性降水和大范围降水。(2) II 型,全省一致少,这个出现概率最大,乌拉尔山为一负距平,贝加尔湖以南为一正距平,亚洲大陆大部为负距平,表明乌拉尔山高压偏弱,贝加尔湖低槽偏弱和西太

平洋副热带高压偏弱,西伸脊点偏东,有利于陕西少雨。(3)Ⅲ型,降水西北多,东南向少,亚洲地区大部为一负距平,乌拉尔山高压偏弱,贝加尔湖到巴尔喀什湖低槽偏深,西太平洋副热带高压偏弱,西伸脊点偏西,脊线位置偏北,多雨区位于陕北、关中西部一带,陕南大部少雨;(4)Ⅳ型,降水西北少,东南向多,

乌拉尔山为负距平,贝加尔湖至中国北方以东地区为明显的正距平,乌拉尔山高压偏弱,贝加尔湖低槽偏弱,西太平洋副热带高压偏弱,西伸脊点偏西,但比Ⅲ型脊点偏东,脊线位置偏南,多雨区位于关中东、陕南东部区,陕北、关中西部、陕南西部少雨(图 2)。

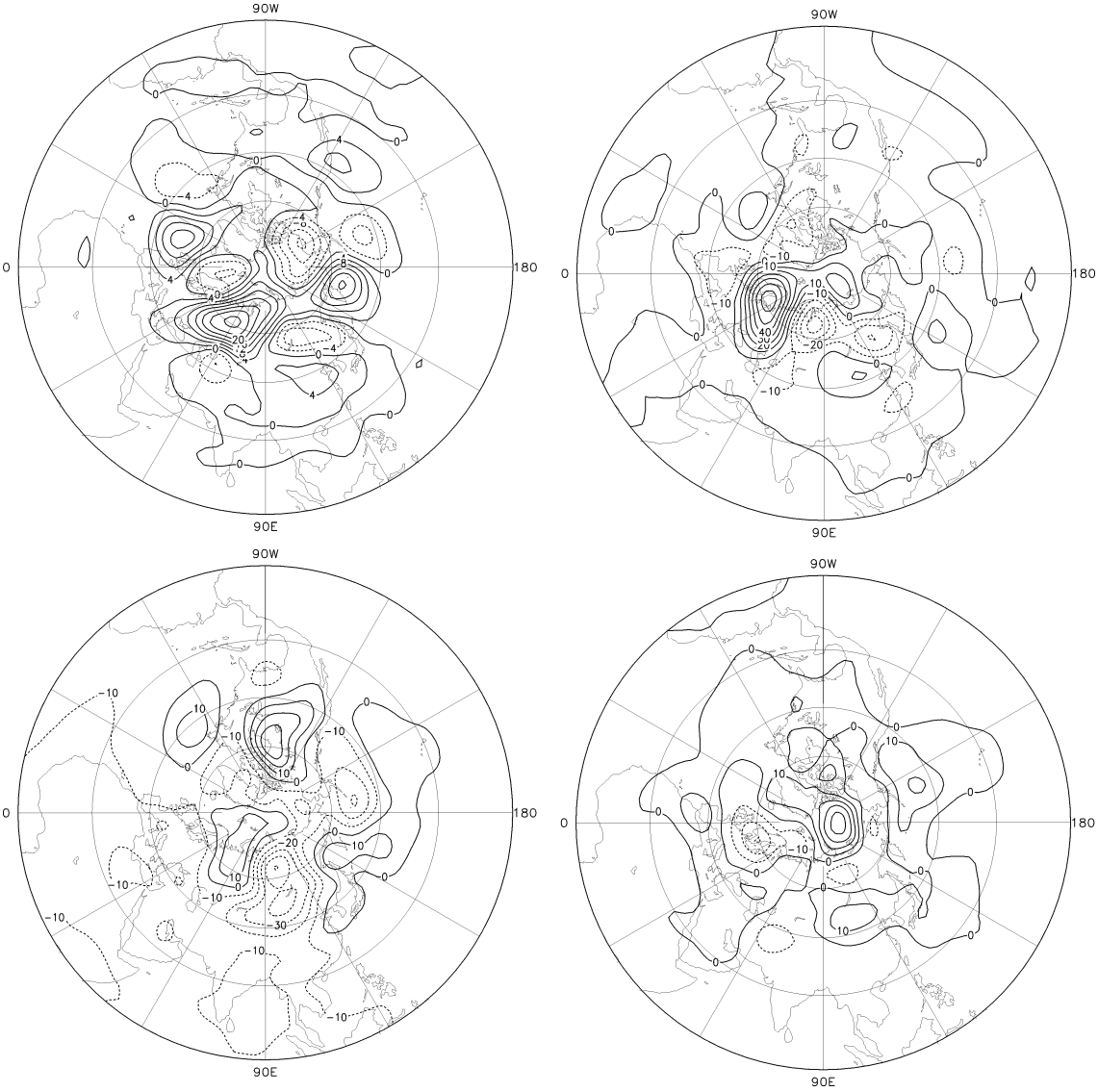


图 2 4 种夏季降水分布型对应的夏季 500 hPa 高度距平图

Fig.2 Four kinds of rainfall distribution types in summer corresponding to the summer 500 hPa height anomaly map

3 陕西夏季旱涝对应的 1 月环流

夏季旱涝天气常常与前冬的环流异常有密切的关系^[10-14],夏季降水与 1 月的环流相似度更高,李麦村^[15]认为 7 月北半球槽脊分布与 1 月大致相当。高智等^[16]分析了北半球 1 月 500 hPa 高度场及西安等 8 站汛期降水总量,发现主要的遥相关型与陕西降水有密切的关系。从 1 月与夏季降水的相关图

(图略)也能说明此问题,欧洲西北部显著的负相关,西伯利亚附近显著的正相关,北大西洋上空为很高的负相关区,在东亚有一片正相关区,欧亚低纬为正相关区,高纬相关分布相似于欧亚-太平洋 EUP 遥相关特点。
Ⅰ型 1 月 500 hPa 高度场距平场上,亚欧中高纬呈现“负-正-负”波列分布,极涡偏弱,偏向东亚,北美大槽偏强,东亚大槽偏强,中亚为明显的正距

平,亚洲大陆南部为正距平,20°N 以南为负距平;夏季欧亚中高纬呈现“正 - 负 - 正”波列分布,亚洲大陆大部为正距平,20°N 以南为负距平,副高偏强。

Ⅱ型 1 月距平场的波列分布与Ⅰ型正好相反,呈显著的“正 - 负 - 正”型波列分布,北美大槽、东亚大槽偏弱,中亚为明显的负距平,亚洲大陆南部为正距平,20°N 以南为负距平;夏季亚欧中高纬呈现“负 - 正 - 负”波列分布,亚洲大部为负距平控制,低纬地区为负距平,副高偏弱。

Ⅲ型 1 月亚欧中高纬呈现“负 - 正 - 负”波列分布,极涡偏强,北美大槽偏强,东亚大槽偏强,中亚为明显的正距平中心,亚洲大陆南部为正距平,20°N 以南为负距平;夏季呈现“正 - 负 - 正”波列分布,亚洲大部为负距平控制,低纬地区为负距平,副高偏

弱。

Ⅳ型 1 月亚欧中高纬呈现西低东高,北美大槽偏弱,东亚大槽偏弱,且亚洲大部处于正距平控制,低纬地区为负距平;夏季中高纬西低东高,亚洲西部处于负距平控制,低纬地区为负距平,副高偏弱。

可见,4 种夏季降水型对应 1 月 4 种环流型,4 种环流型之间有显著不同,而且前三种降水型 1 月与夏季环流对应很好,在中高纬大部呈现负相关,低纬呈现明显正相关,Ⅳ型中高纬 1 月与夏季都呈现西低东高,其对应关系不好。因此 1 月的环流对于夏季不同的降水型有很好的指示意义,对夏季降水的预测起到一定的参考价值,但Ⅳ型的预报效果差些,这与后面的预报试验是一致的。

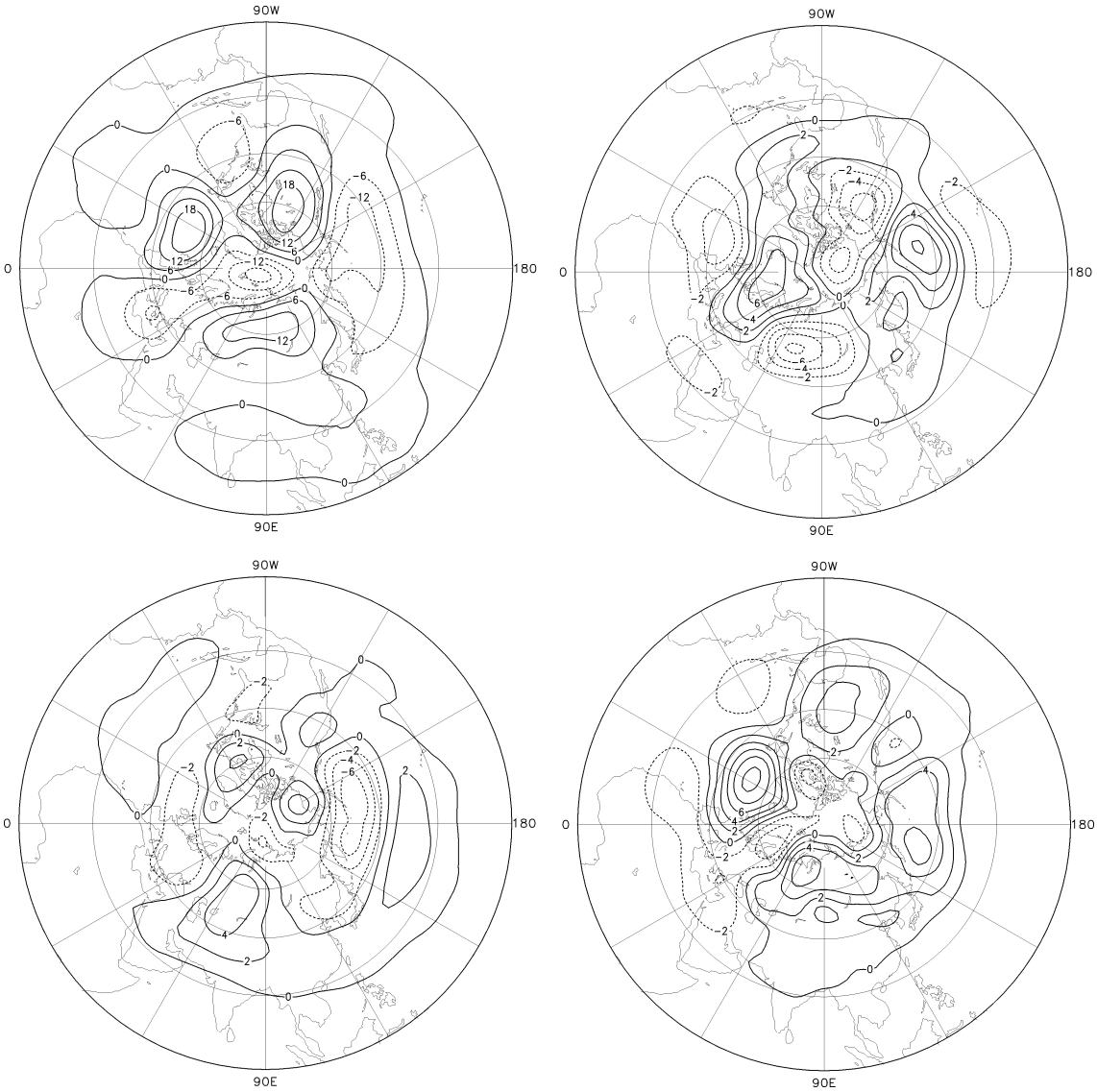


图 3 4 种夏季降水分布型对应的 1 月 500 hPa 高度距平图

Fig.3 Four kinds of rainfall distribution type in summer corresponding to the January 500 hPa height anomaly map

4 预测方法

根据上述的 4 种分类,建立了相似预测模型,用每年 1 月北半球 500 hPa 月平均环流与上述 4 种环流型计算相关系数,为了避免赤道低纬地区产生的噪声,选取的关键区为 $20^{\circ}\text{N} \sim 90^{\circ}\text{N}, 0.0^{\circ}\text{E} \sim 357.5^{\circ}\text{E}$,相关系数最大所对应的雨型即当年夏季降水趋势预测。对陕西 76 站 1961—2010 年近 50 a 进行预测检验,以距平符号一致率来检验预测效果。

1961—2010 年 50 a 中,1981、1984 为 I 型,仅出现了 2 次,1981 年预测正确,1984 年预测为 IV 型,陕南预测准确,陕北、关中大部预测错误;1963、1967、1969、1970、1972、1974、1975、1991、1997、1999、2008 为 II 型,共出现了 11 次,其中完全预测准确的为 7 年;1961、1966、1976、1978、1988、1992、1996 为 III 型,出现

了 7 次,其中完全预测准确为 5 年;1965、1980、1982、1983、1987、1989、2000、2005 为 IV 型,出现了 8 次,其中完全预测准确为 3 年,预测性能较差。其他年份不属于这 4 种分型。

50 年预测的平均距平符号一致率为 57%,其中全省一致多 I 型一致率为 70.4%,一致少 II 型为 71.3%,降水西北多、东南向少 III 型为 58.5%,降水西北少、东南向多 IV 型为 44.9%,可见对于降水有一定的预测能力,其中对于全省一致旱涝有很好的预测能力(表 1)。由于 I、II、III 型 1 月与夏季的环流对应关系较好,中高纬大部呈现负相关,低纬为正相关,且 I 与 II 型 1 月环流正好相反,而 IV 型中高纬的对应关系不好,所以 I、II 型预报效果最好,IV 型最差。

表 1 相似模型预测 1961—2010 年陕西夏季降水距平百分率的预测效果

Table 1 Forecast effect of similarity model predicting the anomaly percentage of precipitation in summer 1961—2010

年份 Year	一致率/% Consistent rate	年份 Year	一致率/% Consistent rate	年份 Year	一致率/% Consistent rate	年份 Year	一致率/% Consistent rate	年份 Year	一致率/% Consistent rate
1961	77.6	1971	68.4	1981	94.7	1991	5.0	2001	42.1
1962	47.4	1972	86.8	1982	42.1	1992	60.5	2002	88.2
1963	50.0	1973	76.3	1983	53.9	1993	27.6	2003	47.4
1964	60.5	1974	85.5	1984	46.1	1994	55.3	2004	44.7
1965	15.8	1975	50.0	1985	52.6	1995	57.9	2005	64.5
1966	75.0	1976	19.7	1986	57.9	1996	32.9	2006	56.6
1967	75.0	1977	60.5	1987	38.2	1997	97.4	2007	55.3
1968	50.0	1978	72.4	1988	71.1	1998	44.7	2008	60.5
1969	96.1	1979	46.1	1989	48.7	1999	53.9	2009	36.8
1970	53.9	1980	34.2	1990	38.2	2000	61.8	2010	42.1
平均 Average	60.1	平均 Average	60.0	平均 Average	54.3	平均 Average	56.7	平均 Average	53.8

5 小 结

1) 本文对陕西 76 站夏季降水量作 EOF 展开,分解出夏季降水的前 2 个模态,细分为 4 种分布型,其占总方差的 55.7%,分别是全省一致多型,出现概率小;全省一致少型,出现概率大;降水西北多、东南少型和降水西北少、东南多型。其中全省一致多,夏季欧亚中高纬呈现“正 - 负 - 正”波列分布,亚洲大陆大部为正距平,副高偏强;全省一致少夏季亚欧中高纬呈现“负 - 正 - 负”波列分布,亚洲大部为负距平控制,副高偏弱。

2) 由于 1 月的环流型对于夏季降水有很好的指示意义,建立了相似预测模型,用每年 1 月北半球 500 hPa 月平均环流与上述 4 种环流型计算相关系

数,为了避免赤道低纬地区产生的噪声,选取的关键区为 $20^{\circ}\text{N} \sim 90^{\circ}\text{N}, 0.0^{\circ}\text{E} \sim 357.5^{\circ}\text{E}$,相关系数最大所对应的雨型即当年夏季降水趋势预测。

3) 从 1961—2010 年 50 年的降水回报效果看,平均距平符号一致率为 57%,其中全省一致多型一致率为 70.4%,全省一致少型为 71.3%,西北多、东南少型为 58.5%,西北少、东南多型为 44.9%,对于降水有一定的预测能力,其中对于全省一致旱涝有很好的预测能力。但有些年份不属于这 4 种分型,所以使得预测能力具有一定的局限性。

参 考 文 献:

[1] 叶笃正,黄荣辉.旱涝气候研究进展[M].北京:气象出版社,1990:1-156.

[2] 芮景新.四川省 2002 年伏旱成因分析[J].气象科技,2004,32

(4):33-35.

[3] 贺 皓,罗 慧,黄宝霞. 陕西盛夏多雨年与少雨年的大气环流特征分析[J]. 中国沙漠,2007,27(2):342-346.

[4] 赵庆云,赵红岩,刘新伟. 西北东部极端降水事件及异常旱涝季节变化倾向[J]. 中国沙漠,2006,26(5):745-749.

[5] 方建刚,白爱娟,肖科丽,等. 陕西伏旱气候特征及成因分析[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(2):28-34.

[6] 廖荃荪,赵振国. 我国东部夏季降水分布的季节预报方法[J]. 应用气象学报,1992,3(增刊):1-9

[7] 赵汉光,张先恭. 我国东部夏季雨带的气候分类及其环流特征[J]. 气象,1993,19(9):3-8

[8] 王绍武,叶瑾林,龚道溢,等. 中国东部夏季型的研究[J]. 应用气象学报,1998,9(1):65-73.

[9] 孙林海,赵振国,许 力,等. 中国东部季风区夏季雨型的划分及其环流成因分析[J]. 应用气象学报,2005,16(增刊):56-62.

[10] 龚振淞,杨义文. 中国夏季旱涝气候预测相似模型[J]. 气象,2010,36(5):46-50.

[11] 王遵娅,丁一汇. 中国雨季的气候学特征[J]. 大气科学,2008,32(1):1-13.

[12] 赵汉光,张先恭. 我国东部夏季雨带的气候分类及其环流特征[J]. 气象,1993,19(9):3-8.

[13] 孙淑清,陈 隽. 冬季风异常与环流的隔季相关——东亚冬季风研究之二[J]. 新疆气象,1998,21(1):4-8.

[14] 程玉琴,张少文,徐钰强,等. 冬季环流与赤峰地区夏季旱涝[J]. 气象,2001,27(11):44-47.

[15] 李麦村. 大气环流的准半年重现现象与长期天气过程[C]//中国科学院大气物理研究所集刊,第 13 号,长期天气过程研究. 北京:科学出版社,1985:1-14.

[16] 高 智,谢汉亭. 陕西汛期降水与前期大气环流遥相关型的联系[J]. 南京气象学院学报,1992,15(4):574-583.

(上接第 222 页)

[14] Liu H P, Dong B H, Zhang Y Y, et al. Relationship between osmotic stress and the levels of free, conjugated and bound polyamines in leaves of wheat seedlings[J]. Plant Science, 2004, 166(5): 1261-1267.

[15] 陈爱葵,韩瑞宏,李东洋,等. 植物叶片相对电导率测定方法比较研究[J]. 广东教育学院学报,2010,30(5):88-91.

[16] 陈建勋,王晓峰. 植物生理学实验指导(第二版)[M]. 广州:华南理工大学出版社,2006:64-66.

[17] 陈君琛,沈恒胜,汤葆莎,等. 食用茵茵糠再利用技术研究[J]. 中国农学通报,2006,22(11):410-412.

[18] 朱咏莉,李萍萍,赵青松,等. 不同配比醋糟有机质氮素有效性与黄瓜生长的关系[J]. 土壤通报,2011,42(5):1184-1188.

[19] 胡永光,李萍萍,袁俊杰. 醋糟基质添加不同配合物的蔬菜栽培效果研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(10):2896-2897,3019.

[20] 孙 毅,高玉山,闫孝贡,等. 石膏改良苏打盐碱地研究[J]. 土壤通报,2001,32(增刊):97-101.

[21] 秦嘉海,陈修斌,肖占文,等. 不同有机废弃物组合肥对灰棕荒漠土理化性质和玉米产量及经济效益的影响[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(3):132-136.

[22] 陈庆榆,黄守程,姚 政. 蚯蚓和食用菌废渣对土壤的综合改良作用[J]. 中国林副特产,2008,(4):24-25.

[23] 刘广明,杨劲松,姚荣江. 影响土壤浸提液电导率的盐分化学性质要素及其强度研究[J]. 土壤学报,2005,42(2):247-252.

[24] 张建旗,张继娜,杨虎德,等. 兰州地区土壤电导率与盐分含量关系研究[J]. 甘肃林业科技,2009,34(2):21-24.

[25] Sun Z J, Young G D, McFarlane R A, et al. The effect of soil electrical conductivity on moisture determination using time – domain reflectometry in sandy soil[J]. Canadian Journal of Soil Science, 2000, 80(1):13-22.

[26] 吴月茹,王维真,王海兵,等. 采用新电导率指标分析土壤盐分变化规律[J]. 土壤学报,2011,48(4):869-873.

[27] Stamford N P, Freitas A D S, Ferraz D S, et al. Effect of sulphur inoculated with Thiobacillus on saline soils amendment and growth of cowpea and yam bean legumes[J]. The Journal of Agricultural Science, 2002,139(3):275-281.

[28] 李 茜,孙兆军,秦 萍,等. 燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣对盐碱土的改良效应[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(4):70-73.

[29] 谢修鸿,梁运江,李 玉. 黑木耳茵糠改良苏打盐碱土效果研究[J]. 水土保持学报,2008,10,22(5):130-133.

[30] 陈 欢,王淑娟,陈昌和,等. 烟气脱硫废弃物在碱化土壤改良中的应用及效果[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(4):38-42.